



NSC

# X射线技术检测小物件青铜器文物病害结构初探

环境保护部核与辐射安全中心  
刘圆圆

# 目录

1

背景介绍

2

研究基础

3

青铜器文物病害结构检测方案

4

小结

# 目录

1

背景介绍

2

研究基础

3

青铜器文物病害结构检测方案

4

小结



## 背景介绍

- ❖ 青铜器是人类历史上的一项伟大发明，它的变迁体现了世界文明在社会、经济以及文化内涵方面的发展和进步。但是，由于长期埋藏于地下以及出土后存贮条件的限制等原因，使得青铜器面临着严峻的**病害腐蚀**问题，文物考古界形象地称之为青铜器的“癌症”。因此，为使这类受腐蚀的青铜器文物能够长期的保存下去，首先必须准确的“诊断”青铜器文物病害的“结构”信息，再制定对症“治疗”的文物保护修复方案进行保护。
- ❖ 对于青铜器文物“结构”信息的检测，**X**射线成像检测技术作为最传统的诊断手段已得到国内外研究机构的广泛认可。随着科学技术的发展，出现了**CR**和**DR**的过度技术。但是，相对先进的**DR**技术对于青铜器病害结构信息的准确检测仍存在两方面局限性：**结构重叠现象、硬化伪影**问题。此外，即使采用目前最先进的计算机断层成像技术**CT**去解决结构重叠问题，重建结构也仍然存在多色能谱引起的硬化伪影干扰。综上，传统结构检测技术，存在结构重叠和硬化伪影的问题，引入大量失真信息，干扰文物保护人员对病害的判断。
- ❖ 本文首先介绍一种新型结构检测技术，双能计算机断层成像技术**DECT**，该技术使用了两种能谱分布的**X**射线源进行扫描，能够重建物体**有效原子序数和电子密度信息**，不仅可以对待测物体结构进行准确三维重建，还具有强大的物质成分识别能力，并且有效地去除了硬化伪影的影响。此外，讨论了使用该技术检测青铜器文物病害结构的研究方案。

# 目录

1

背景介绍

2

研究基础

3

青铜器文物病害结构检测方案

4

小结



# 研究基础

## ❖ 双能CT成像技术简介

- 双能CT技术的优势是不仅可以重建出单能CT成像时的衰减系数图像，还可以同时重建物质的原子序数和电子密度信息
- 能够去除多色能谱效应
- 有效地去除当两种不同物质具有相同原子序数时，仅用原子序数作为识别参考值时带来的误差

# 目录

1

背景介绍

2

研究基础

3

青铜器文物病害结构检测方案

4

小结

# 青铜器文物病害结构检测方案

- ❖ (1) 青铜器文物病害结构参数调查分析与确认
  - ◆ 通过大量的国内外文献调研，获得小物件青铜器文物病害的结构信息，即病害腐蚀物的形态特征
  - ◆ 两种病害结构存在形式：内部中空内表面、内嵌至铜体中

- ❖ (2) 青铜器文物病害分析模型及识别检索库的构建

- ◆ 研究模型几何结构
- ◆ 研究模型填充成分并建立识别检索库

编号	俗名	学名	化学分子式	颜色	有效原子序数	电子密度
1	孔雀石	碱式碳酸铜	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$	绿色	$Z_{\text{eff}}$	$\rho_e$

- ❖ (3) 文物病害双能CT多色能谱投影数据模拟研究

- ◆ 第一步，在获得模拟投影数据之前，需要利用蒙特卡罗程序生成多色能谱；
- ◆ 第二步，基于第一步已获得的多色能谱和（2）中构建的分析模型，生成无噪声理想情况下的多色能谱投影数据；
- ◆ 第三步，为了更真实的模拟投影环境，在第二步生成的多色能谱投影数据上增加模拟噪声。

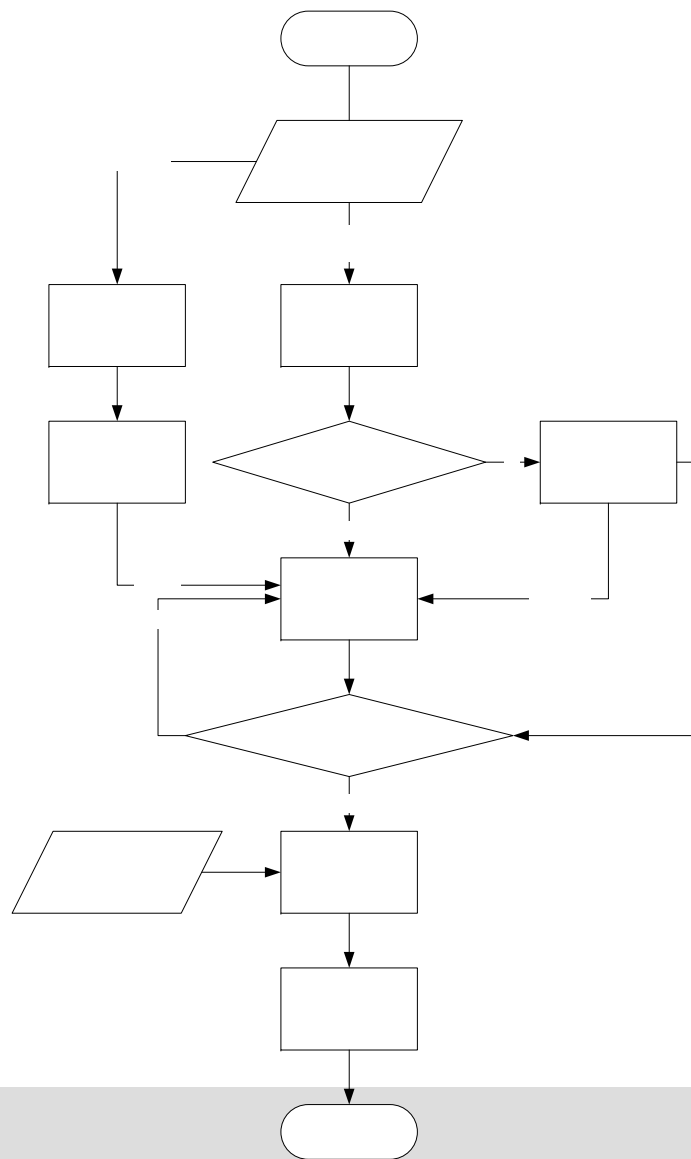


# 青铜器文物病害结构检测方案

## ❖ （4）青铜器文物双能CT病害成像重建算法的研究

- ◆ 第一步：基于双能多色能谱投影数据，查找《双能投影与双效应系数积分值映射查找表》，获得双效应系数积分值；
- ◆ 第二步：研究第一步的双效应系数积分投影值，将**不均匀和均匀**的数据进行分割，并采用全变分技术对不均匀数据进行修补；
- ◆ 第三步：首先，利用单能投影数据，使用滤波反投影算法重建青铜器文物病害结构信息；其次，设定阈值，将有结构的信息均提取出来，并赋值为**29**（铜的原子序数），考虑到重建结果铜的成分占绝大部分，得到迭代重建的初始值；
- ◆ 第四步：利用第三步得到的迭代初值，使用均匀数据和被修补后的不均匀数据，利用代数迭代算法进行重建，并使用再次使用全变分技术进行去噪处理，获得重建图像；
- ◆ 第五步：将第四步的重建结果与《青铜器病害成分识别检索数据库》进行映射比对，并将病害进行着色，从而获得最终的青铜器病害诊断图像。

# 青铜器文物病害结构检测方案



低能投影数据

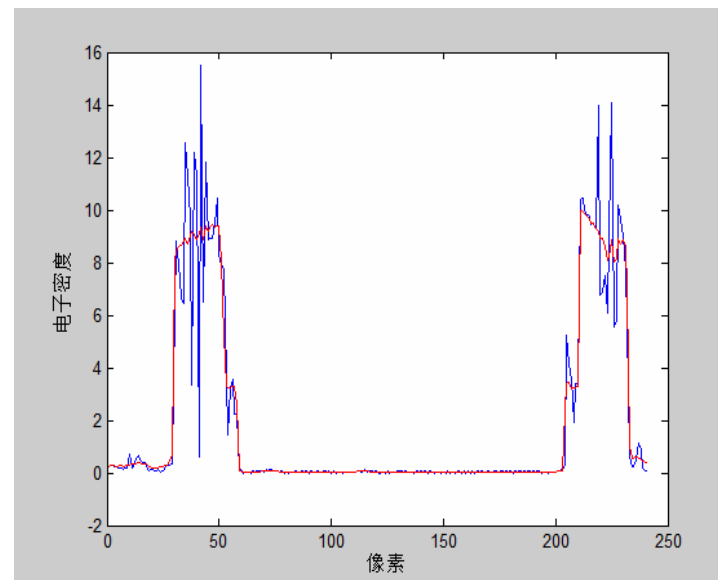
单能CT滤波反  
投影重建  
结构信息



# 初步成果

## ❖ 实验条件

- ◆ ART循环20次，TV迭代10次
- ◆ 模型尺寸：512\*512；圆环外直径3cm，外圈铜厚度3mm，内圈碱式碳酸铜1mm
- ◆ 电子密度：铜，8.178；碱式碳酸铜，3.692



# 目录

1

背景介绍

2

研究基础

3

青铜器文物病害结构检测方案

4

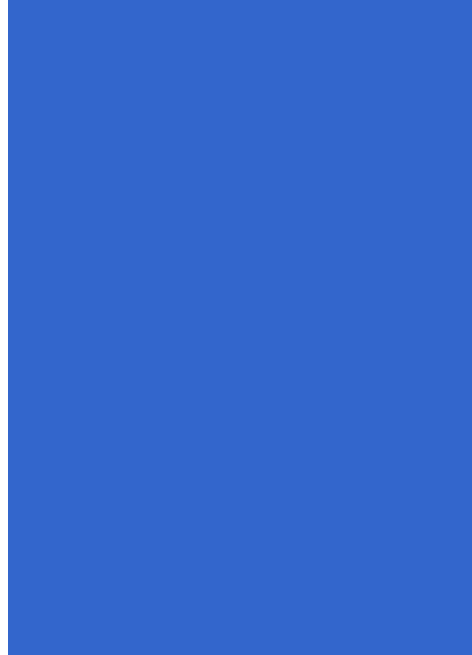
小结



# 小结

- ❖ 首次将双能成像技术引入至解决小物件青铜器文物病害结构诊断问题
- ❖ 提出了相应地解决方案和实现算法
- ❖ 初步的模拟结果验证了可行性
- ❖ 进一步工作：去噪，高能双能

NSC



[www.chinansc.cn](http://www.chinansc.cn)

**Thank You !**

